

Studi Literatur Tentang Manfaat Penggunaan Biokeramik Alumina Pada Penggantian Pinggul (*Hip Replacement*)

Dwi Cahyo Nugroho Jati dan Magfirani Nasrul Azizah
Pendidikan Fisika Universitas Sebelas Maret

Email : dwicahyo.nugrahaajati@gmail.com dan magfiraninasrul@gmail.com

Intisari - Studi ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi yang cukup terhadap manfaat penggunaan biokeramik alumina pada penggantian panggul (*hip replacement*). Metode yang digunakan dalam studi ini adalah melalui studi literatur yang mengumpulkan beberapa penelitian terdahulu untuk manfaat penggunaan biokeramik alumina pada penggantian panggul (*hip replacement*). Dalam dunia medis salah satu operasi yang populer adalah penggantian pinggul (*hip replacement*). Pembedahan ini dilakukan untuk mengganti sendi pinggul dengan sendi buatan dengan bahan yang dibuat sedemikian rupa sehingga biokompatibel, yaitu tidak ditolak dan tidak diserap tubuh. Biomaterial berperan penting dalam hal ini. Biomaterial adalah suatu zat yang digunakan untuk berinteraksi dengan sistem biologis. Pada awal pemakaian biomaterial untuk operasi penggantian pinggul bahan yang digunakan adalah *Metal on Metal (MoM)* dan *Metal on Polyethylene (MoP)*. Namun, karena terdapat kekhawatiran dalam penggunaannya, ditemukanlah bahan biomaterial keramik. Salah satu contoh biomaterial keramik atau biokeramik yang sering dipakai dalam penggantian pinggul adalah Alumina atau aluminium oksida (Al_2O_3). Alumina biasa digunakan pada tulang karna sifat-sifatnya yang baik ketika berinteraksi dengan sistem biologis. Meskipun dahulu alumina memiliki insiden fraktur yang tinggi namun dengan melakukan perbaikan yang dibuat dalam sifat alumina, kejadian fraktur mengalami penurunan yang drastis sehingga membuat bahan keramik menjadi pilihan yang lebih layak terutama pada pasien yang lebih muda. Dengan melihat dan lebih meneliti sifat-sifat Alumina dan dengan dikombinasi yang lebih tepat maka dapat memperlancar kegiatan bedah dan mengurangi kesalahan dalam bedah. Berdasarkan studi literatur ini maka dapat disimpulkan bahwa biokeramik alumina baik digunakan pada penggantian panggul (*hip replacement*).

Kata Kunci: biomaterial, biokeramik, alumina, penggantian pinggul

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dari tahun ke tahun semakin pesat, dan penelitian yang tren saat ini adalah nanomaterial. Partikel berukuran nano ini sangat kecil melebihi sebelumnya yaitu mikro. Partikel-partikel ini dimanfaatkan hampir dalam berbagai bidang seperti industri dan kedokteran. Material buatan manusia meningkat sesuai dengan penggunaan aplikasinya seperti pada drug-delivery dan terapi gen (*gene therapy*), perancah untuk rekayasa jaringan (*tissue engineering*), penggantian bagian tubuh (*body replacement*), serta alat biomedis dan bedah. Peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan tingkat kehidupan yang lebih baik. Pada bidang kedokteran sendiri, salah satu operasi yang sangat populer adalah operasi penggantian pinggul (*hip replacement*). Sendi yang mengalami sakit atau kerusakan seperti mengalami keretakan direkonstruksi dengan cara memodifikasi seperti pemasangan sendi bola buatan dengan tujuan fungsional mengembalikan pasien ke aktivitas sehari-hari rentang gerakanya tanpa rasa sakit. Penggantian pinggul ini membutuhkan suatu material yang digunakan sebagai perangkat medis dan mampu berinteraksi dengan sistem biologis sehingga dapat bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan dampak yang berbahaya. Material tersebut biasa disebut dengan biomaterial.

Biomaterial adalah material yang berinteraksi secara langsung dengan jaringan dan cairan biologis tubuh makhluk hidup untuk mengobati, memperbaiki atau mengganti bagian anatomi tubuh makhluk hidup. Biomaterial sendiri terbagi menjadi 4 jenis, yaitu biomaterial logam, biomaterial polimer, biomaterial keramik, dan biomaterial komposit. Pada awal zaman dilakukannya penggantian pinggul, operasi ini masih menggunakan metal on metal (MoM) yaitu bantalan yang dibuat menggunakan diameter bola besar. Namun hal ini hanya berlangsung beberapa tahun saja dan sudah tidak populer lagi tepatnya pada tahun 1970an dimana dengan ditemukannya *Metal on Polyethylen (MoP)* yang terdiri dari bola kecil dan semen poliethilen. Akan tetapi, untuk mengantisipasi masalah “Penyakit Poliethilen” maka berganti menggunakan *Ceramic on Ceramic (CoC)*.

Dari tahun ke tahun selalu ada penemuan material baru yang semakin cocok ditanam pada makhluk hidup untuk mengganti jaringan atau organ yang rusak. Penelitian tidak berhenti sampai menemukan material baru, namun juga menggabungkannya dengan material-material lain sehingga lebih baik dikarenakan setiap material memiliki kelebihan dan kelemahan akan tetapi dengan kombinasi antar beberapa partikel-partikel dapat menjadi lebih sempurna dalam penggunaannya. Salah satu contohnya yaitu alumina atau aluminium oksida (Al_2O_3). Alumina sendiri termasuk kedalam biomaterial keramik yang aplikasinya cukup luas salah satu penggunaan alumina yaitu

pada tulang dikarenakan memiliki sifat-sifat seperti ketahanan korosi yang baik dan biokompatibilitas baik. Meskipun keramik alumina telah menunjukkan karakteristik yang lebih baik daripada MoP, alumina secara historis memiliki insiden fraktur yang tinggi. Kejadian fraktur yang tinggi ini menyebabkan peningkatan proses pembuatan yang dimungkinkan dengan mengurangi ukuran butir dan porositas, dan dengan proses temper untuk meningkatkan ketangguhan.

Dengan perbaikan yang dibuat dalam sifat material alumina, kejadian fraktur telah menurun secara dramatis dalam beberapa tahun terakhir. Penurunan kejadian fraktur komponen alumina telah membuat keramik menjadi pilihan yang lebih layak, terutama untuk pasien yang lebih muda dan lebih aktif. Diharap dengan paper ini dapat memberikan informasi terbaru tentang sifat-sifat dan kegunaan alumina terutama dalam bidang kedokteran sehingga kedepan dapat ditemukan kombinasi yang lebih baik lagi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian merupakan penelitian studi literatur dengan mengumpulkan beberapa penelitian terdahulu untuk manfaat penggunaan biokeramik alumina pada pergantian panggul (*Hip replacement*). Hasil dari telaah ini akan digunakan untuk mengumpulkan informasi yang cukup terhadap manfaat penggunaan biokeramik alumina pada penggantian panggul sehingga dapat diterapkan di kedokteran bahwasanya alumina sebagai biokeramik yang baik dalam pergantian panggul (*Hip replacement*).

III. PEMBAHASAN

A. Biomaterial

Secara umum biomaterial merupakan suatu material yang ditanam dalam tubuh manusia untuk mengganti jaringan organ tubuh yang terserang penyakit, rusak atau cacat. Menurut Lobo dan Arinze (2010) Biomaterial diklasifikasikan menjadi 3 kelompok dalam penggunaannya antara lain biokompabiliti, bionert, dan bioaktif. Biokompabiliti merupakan material yang dapat bertahan tanpa memberikan efek atau kerusakan pada jaringan tubuh (*stainless steel*), Bioinert merupakan material yang mempunyai lapisan oksida pada permukaan (aluminium zirkonium, titanium, dan material karbon), dan Bioaktif yaitu ketika terdapat ikatan langsung secara biokimia dan biologi. Biomaterial dengan tulang induk melalui pembentuk suatu lapisan apatit pada permukaan biomaterial (keramik kalsium fosfat dan keramik gelas). [11]

B. Biokeramik

Keramik merupakan material padat, campuran ion organik yang terdiri dari elemen-elemen metalik dan nonmetalik terikat bersama melalui ikatan ionik atau kovalen. Biokeramik adalah keramik yang dimanfaatkan untuk memperbaiki dan merekonstruksi bagian tubuh yang terkena penyakit atau cacat. Sepertihalnya Al_2O_3 atau

Aluminium oksida merupakan oksida amfoter yang pada umumnya disebut sebagai **alumina**. Sifat biokeramik antara lain tidak beracun, tidak mengandung zat karsinogik, tidak menyebabkan alergi, tidak menyebabkan radang, memiliki biokompatibel yang baik, tahan lama. [1]

Adapun kelebihan dan kekurangan Biokeramik adalah sebagai berikut[1]:

1. Kelebihan

Biokeramik memiliki biokompabilitas yang baik dengan sel-sel tubuh dibandingkan dengan biomaterial polimer atau logam. biokeramik digunakan untuk tulang, persendian, dan gigi. Biokeramik juga digunakan untuk melapisi biomaterial logam. Biokeramik juga digunakan sebagai penguat komponen komposit, dengan menggabungkan kedua sifat material menjadi material baru yang memiliki sifat mekanis dan biokompatibilitas yang baik. Struktur keramik juga dapat dimodifikasi dengan tulang alami dengan tingkat porositas yang beragam. Bila diproses secara tepat sehingga memiliki kemurnian tinggi, mereka menunjukkan biokompatibilitas yang sempurna (satu fungsi dari insolubilitas dan inertness kimia) dan ketahanan wear yang tinggi (keras, licin, permukaan hidrofilik).

2. Kekurangan

Biokeramik ini memiliki beberapa kekurangan yaitu diantaranya sangat rapuh, kekuatan rendah, dan kerap dipandang material yang lemah. Oleh karena itu biasanya bahan biokeramik ini dikombinasikan dengan bahan lain untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

C. Alumina

Aluminium oksida adalah oksida amfoter dengan rumus molekul kimia Al_2O_3 . Hal ini umumnya disebut sebagai Alumina (Gambar 1), atau *korundum* dalam bentuk kristalnya, serta banyak nama lainnya, mencerminkan terjadinya secara luas di alam dan industri. Senyawa ini termasuk dalam kelompok material aplikasi karena memiliki sifat-sifat yang sangat mendukung pemanfaatannya dalam beragam peruntukan.



Gambar 1. Gambar Alumina

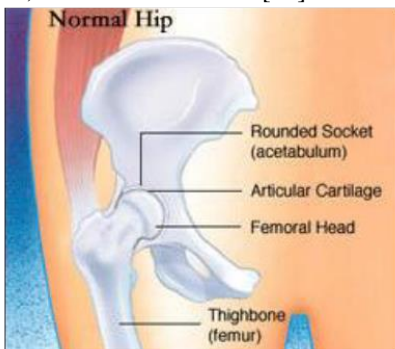
Senyawa ini diketahui merupakan insulator listrik yang baik, sehingga digunakan secara luas sebagai bahan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar (

Xu, *et al.*, 1994). Ref [11] Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben (Ghababazade, *et al.*, 2007). Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi (Mirjalili, *et al.*, 2011) dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053-2072 °C (Budvari, 2001). Selain itu Alumina memiliki sifat-sifat lain seperti merupakan zat padat putih yang bersifat higroskopik (menyerap molekul air yang baik) dan juga tidak berbau. Alumina merupakan salah satu biomaterial yang digunakan sebagai implant tulang disamping fungsinya sebagai katalis, adsorben, dan bermanfaat dalam industri katalis. Hal ini disebabkan karena alumina toleran terhadap lingkungan biologisnya. Selain itu, Alumina biasanya digunakan dalam penggantian panggul (*Hip Replacement*) dalam dunia medis.[6]

Alumina telah digunakan sebagai permukaan bantalan di pinggul total sejak tahun 1970-an. Alumina dengan kemurnian tinggi (>99,5%), biasa digunakan pada tulang (femoral head, bone screws dan bone plate, pelapisan porous untuk femoral stems, *porous spacers*, *knee prosthesis*) dan gigi (*crowns* dan *bridges*). Hal ini karena alumina memiliki sifat-sifat, seperti: ketahanan korosi sangat baik, biokompatibilitas baik, ketahanan aus tinggi, dan ketahanan retak tinggi.

D. Penggantian Pinggul (*Hip replacement*)

Hip joint adalah sambungan tulang yang terletak diantara pinggul dan pangkal tulang paha atas. *Hip joint* pada manusia terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: *femur*, *femoral head*, dan *rounded socket*. [11]



Gambar 2. Bagian bagian *hip joint* normal

Gambar gambar dibawah ini meunjukkan gambaran *hip joint* yang normal serta indikasi terjadinya radang sendi dan tahapan-tahapan proses *hip replacement*. [11]



Gambar 3. *hip joint* normal

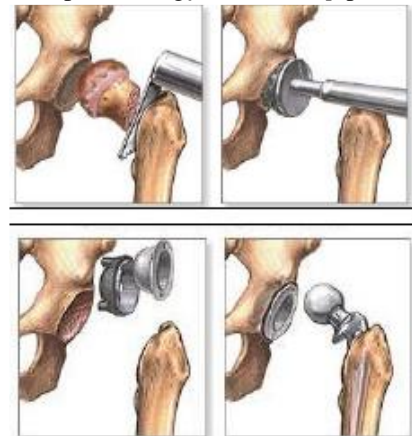
Gambar 3. menunjukkan anatomi *hip joint* yang normal.

Femoral head masih memiliki *articular cartilage* yang baik, dimana masih mampu mengeluarkan cairan yang melumasi dan mengurangi efek gesekan pada sambungan sendi.

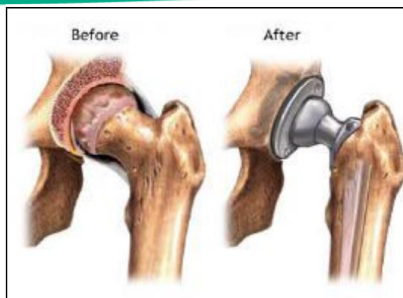


Gambar 4. Indikasi terjadinya *arthritis*

Pada Gambar terlihat bahwa *articular cartilage* pada *femoral head* telah berkurang, hal inilah yang menyebabkan terjadinya radang sendi. Gambar 4 dan 5 adalah gambaran tentang penggantian sambungan tulang pinggul dengan sambungan tulang pinggul tiruan (*hip joint prosthesis*). Gambar 5 menunjukkan pemotongan tulang *femur*, yang kemudian diganti dengan *hip joint prosthesis* dengan cara menanam *stem* pada tulang *femur* dan *cup* pada *acetabulum*.



Gambar 5. Pemotongan tulang femur dan pemasangan *Hip joint prosthesis*



Gambar 6. *Hip Joint* sebelum dan sesudah dilakukan *hip replacement*

E. Penelitian-penelitian terdahulu terkait alumina untuk penggantian pinggul

Berdasarkan penelitian [9] Respati (2010) didapatkan hasil bahwa bahan baku ferrokrom digunakan untuk membuat stainless steel, alumina untuk membuat keramik. Sedangkan dalam penelitian [1] Chang Young Hu (2018) memperkenalkan biomaterial yang digunakan dalam Total Hip Arthroplasty (THA) dan membahas berbagai macam bantalan dalam penggunaan klinis di THA serta biomaterial yang lebih baru yang dapat mengurangi keausan dan meningkatkan ketahanan hidup THA. Bantalan yang dimaksudkan adalah bantalan yang akan dipasang untuk memperbaiki atau mengganti tulang yang berada di pinggul. Material yang dikatakan baik pada zaman sekarang ini untuk THA adalah material biokeramik baik CoC maupun CoP. Hal ini dikarenakan biokeramik mempunyai sifat yaitu tidak beracun, tidak mengandung zat karsinogik, tidak menyebabkan alergi, tidak menyebabkan radang, memiliki biokompatibel yang baik, tahan lama. [10]

Dalam penelitian [7] Didier Hannouche, dkk (2018) menjelaskan bahwa Permukaan bantalan Al-Al diperkenalkan untuk THA karena sifatnya tribologis yang luar biasa. Namun, implantasi pertama prostesis Al-Al disertai oleh serangkaian komplikasi yang tidak diketahui dan awalnya tidak terduga seperti fraktur implan, masalah fiksasi kepala femoralis dan aseptik melonggarnya komponen asetabular. Masalah ini kemudian diselesaikan pada akhir 1980-an, hampir 20 tahun kemudian, karena peningkatan bertahap didesain dan kualitas bahan, dan pengenalan kualitas prosedur kontrol. Pasangan Al-Al generasi ketiga telah diterima sebagai alternatif yang dapat diandalkan untuk bantalan logam-PE dan bahkan telah melampaui angka bertahan konvensional implan pada pasien di bawah 50 tahun. Karena kinerja keausan yang sangat baik dan sifat lembam dari puing-puing mereka, bantalan Al-Al mengurangi risiko osteolisis pada jangka panjang, dan mengurangi risiko keterlambatan dislokasi.

Penelitian [5] L. Sedel, dkk (1990) mendapatkan hasil prostesis yang luar biasa pada pasien muda (dibawah 50 tahun) dimana hasil tersebut menunjukkan harapan hidup sebesar 98 % dalam kurun waktu 8 tahun. Menurut peneliti, kegagalan mereka bukan terkait bahan akan tetapi teknik khususnya pada buruknya fiksasi soket. Sehingga, peneliti

masih mencari metode baru untuk meningkatkan hasil prostesisnya. Sedangkan penelitian [7] Moussa Hamadouche 2002 mengatakan bahwa hasil prostesis yang luar biasa pada pasien muda (dibawah 50 tahun) dimana hasil tersebut menunjukkan harapan hidup pasien dalam kurun waktu 18 - 20 tahun dengan catatan diperoleh fiksasi komponen asetabular.

IV. KESIMPULAN

Dari beberapa penelitian terdahulu dan beberapa jurnal yang di kaji, menunjukkan bahwa material alumina baik digunakan untuk operasi penggantian pinggul (*hip replacement*) terutama kepada pasien muda (dibawah 50 tahun) atau yang masih aktif. Hal ini dibuktikan dari kelangsungan hidup yang lebih tinggi kepada pasien pengguna alumina-alumina dibandingkan dengan pasien muda pengguna logam-polimer atau logam-logam. Ini dikarenakan alumina memiliki sifat seperti biokompatibilitas yang baik, ketahanan korosi yang baik dan ketahanan keausan tinggi. Sifat-sifat inilah yang membuat material alumina sangat cocok untuk penggantian tulang pinggul dimana tulang sendi banyak terjadi gesekan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chang Yong Hu dan Taek-Rim Yoon, Recent updates for biomaterials used in total hip arthroplasty, Hu and Yoon Biomaterial Research, (2018)22:23
- [2] D. Hannouche, M. Zingg, H. Miozzari, R. Nizard, dan A. Lubbeke, Third-generation pure alumina and alumina matrix composites in total hip arthroplasty: What is the evidence?, EOR, vol 3, 2018, DOI: 10.1302/2058-5241.3.170034.
- [3] J.R.T. Jeffers dan W.L. Walter, Ceramic on ceramic bearings in hip arthroplasty: State of the art and the future, 2012.
- [4] L. Kevin dan Stuart B Goodman, Current state and future of joint replacements in the hip and knee, Expert Reviews, Med. Devices 5(3), 2008, 383 -389.
- [5] L. Sedel, L. Kerboull, P. Christel, A. Meunier, dan J. Witvoet, Alumina-on-Alumina Hip Replacement, The Journal of Bone and Joint Surgery, 1990, 72-B: 685-63.
- [7] M. Hamadouche, B. Pierre, dkk, Alumina-on-Alumina Total Hip Arthroplasty, The Journal of Bone and Joint Surgery, Incorporated, Vol 84-A, No 1, 2002.
- [8] P. Zeng, W.M Rainforth, dan T. D. Stewart, Characterisation of the wear mechanisms in retrieved alumina-on-alumina total hip replacements, Wear, 376 – 37 (Part A), 2017, pp. 212-222. ISSN 0043-1648.
- [9] S. M. B. Respati, Bahan Biomaterial Stainless Steel dan Keramik, Momentum, Vol 6, No 1, 2010.
- [10] S. S Das dan P. Chakraborti, Development of Biomaterials for Total Hip Joint Replacement, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2018, 377, 012177.
- [11] Santoso, Fajar, Variasi Material Penyusun Ball Head Hip Joint Prosthesis pada Kondisi Berjalan Normal dengan Analisis Distribusi Tegangan dan Regangan Menggunakan Software Abaqus 6.5-1, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2009.